



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS

CAIO VINÍCIUS DE MOURA SILVA

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM LOCALIZADO NA REGIÃO DO
CÓRREGO MUTUCA NA CIDADE DE GURUPI - TO**

GURUPI

2021

CAIO VINÍCIUS DE MOURA SILVA

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM LOCALIZADO NA REGIÃO DO
CÓRREGO MUTUCA NA CIDADE DE GURUPI - TO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito parcial para obtenção do título de Bacharel
no Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto
Federal do Tocantins, Campus Gurupi.

Orientador (a): Prof. Me. Kárita Christina Soares
Kanaïama Alves

Coorientador (a): Prof. Me. Clerson Dalvani Reis

GURUPI

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

M929a Moura Silva, Caio Vinícius de
 Avaliação do sistema de drenagem localizado na região do córrego
 mutuca na cidade de Gurupi - TO / Caio Vinícius de Moura Silva. – Gurupi,
 TO, 2021.
 45 f. : il. color.

 Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
 Gurupi, Gurupi, TO, 2021.

 Orientadora: Ma. Kárita Christina Soares Kanaiaama Alves
 Coorientador: Me. Clerson Dalvani Reis

 1. Bacias Urbanas. 2. Drenagem Urbana. 3. Alagamentos. I. Soares
 Kanaiaama Alves, Kárita Christina. II. Dalvani Reis, Clerson. III. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO
CAIO VINÍCIUS DE MOURA SILVA

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM LOCALIZADO NA REGIÃO DO
CÓRREGO MUTUCA NA CIDADE DE GURUPI - TO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins -
Campus Gurupi, como exigência à obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia Civil.

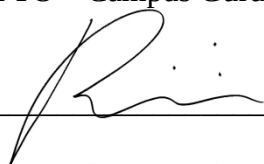
Aprovado em: 10 / 12 / 2021

BANCA AVALIADORA

Kárita Alves

Prof. Me. Kárita Christina Soares Kanaïama Alves

IFTO – Campus Gurupi



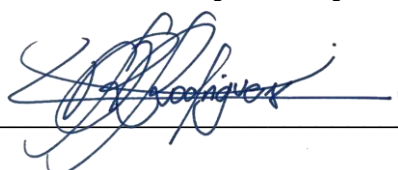
Prof. Me. Clerson Dalvani Reis

IFTO – Campus Gurupi

Danielma S. Maia

Prof. Me. Danielma Maia

IFTO – Campus Gurupi



Prof. Me. Camila Ribeiro Rodrigues

Universidade de Gurupi

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por está encerrando mais esse ciclo na minha vida, foram anos de muitas alegrias e desafios, porém, com auxílio dEle eu tenho conseguido vivenciar tudo isto.

Agradeço também aos meus pais, meu irmão, minha tia, minha avó e minha namorada que me auxiliaram durante todo este tempo, sempre me dando a força necessária para seguir em frente, me apoiando em meus sonhos e se alegrando com as minhas conquistas.

Aos meus amigos, Ana Carolina, Gustavo Henrique, Mateus Reis, Moni Kelly, Sarah Cortez, Tassila Silva, Wallace Wyslas e outros muitos amigos que a faculdade me ajudou a conhecer, quero dizer os dias que passamos juntos vocês são pessoas incríveis, que tem minha admiração total, todas as aulas cansativas e rotineiras se tornaram melhores quando eu convivía com vocês, obrigado meus queridos amigos por todo empenho em me ajudar quando precisei e por sempre me fazerem sorrir e me divertir todos os dias.

Também quero agradecer a todos os professores que eu tive durante estes anos, André Luiz, Áurea, Bruno, Camila, Clerson, Danielma, Edivaldo, Fábio, Franscico Cláudio, Leonardo, Mauro, Mônica, Paulo Roberto, Rodrigo e Kárita, vocês com certeza me passaram um grande conhecimento e eu pude ver o esforço de cada um todos os dias, em cada aula ministrada.

Ao longo destes cinco anos eu aprendi muito e pude crescer ao lado de pessoas incríveis, por esse motivo eu agradeço a todos vocês de coração.

RESUMO

O processo de urbanização é um grande agente que contribui para a impermeabilização do solo. Essa questão promove a diminuição da taxa de infiltração e consequentemente o aumento do escoamento superficial, causando uma desordem no volume escoado. Quando esta situação é aliada a falta de um planejamento urbano, ocasionam-se grandes transtornos para a população em geral, que sofre com situações como alagamentos, inundações e enchentes. O Local selecionado para o estudo é o Parque Mutuca I, área de lazer localizada do município de Gurupi – TO, cujo objetivo é analisar as estruturas de drenagem presentes, verificando se as mesmas suportam a vazão solicitada. Foram realizados levantamentos *in loco*, onde coletou-se informações dos dispositivos de drenagem, e posteriormente, executou-se um estudo bibliográfico para a realização da avaliação das estruturas. Os dados obtidos foram trabalhados no AutoCAD, Google Earth, Qgis e em planilhas no Excel, onde foi possível fazer um comparativo da vazão solicitada com a vazão real das bocas de lobo. Verificou-se que a grande maioria das bocas de lobo encontradas no local não atende a demanda necessária para a área de estudo.

Palavras-chaves: Alagamentos, Drenagem urbana, Bacias urbanas.

ABSTRACT

The urbanization process is a major agent that contributes to soil sealing. This issue promotes a decrease in the infiltration rate and, consequently, an increase in surface runoff, causing a disorder in the runoff volume. When this situation is combined with the lack of urban planning, it causes great inconvenience to the population in general, which suffers from situations such as flooding, flooding and flooding. The Site selected for the study is Parque Mutuca I, a leisure area located in the municipality of Gurupi – TO, whose objective is to analyze the drainage structures present in it, verifying whether they support the requested flow. Surveys were carried out in loco, where information was collected from the drainage devices, later a bibliographical study was carried out to carry out the evaluation of the structures. The data obtained were works in AutoCAD, Google Earth, Qgis and in Excel spreadsheets, where it was possible to compare the requested flow with the actual flow of the inlets. It was found that the vast majority of wolfmouths found at the site do not meet the necessary demand for the study area.

Keywords: Flooding, Urban drainage, Urban basins.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Impactos da urbanização no ciclo hidrológico.....	17
Figura 2 – Ciclo Hidrológico.....	18
Figura 3 – Representação de uma Bacia Hidrográfica.....	20
Figura 4 – Seção de uma sarjeta.....	25
Figura 5 – Seção transversal de um rasgo e um sarjetão.....	26
Figura 6 – Tipos de bocas de lobo.....	27
Figura 7 – Locação dos poços de visita, caixas de ligação e bocas de lobo.....	30
Figura 8 – Alagamento, enchente e inundações.....	31
Figura 9 – Área de estudo.....	32
Figura 10 – Parque Mutuca I, com as avenidas que o cercam.....	33
Figura 11 – Avenidas que circulam o Parque Mutuca I.....	35
Figura 12 – Vista das galerias presentes no Parque Mutuca I.....	36
Figura 13 – Situação da área de estudo em períodos chuvosos.....	37
Figura 14 – Bacia de Contribuição.....	38
Figura 15 – Sistemas de drenagem encontrados no Parque Mutuca I.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores para o coeficiente de escoamento superficial (C).....	22
Tabela 2 - Levantamento de dados das estruturas de drenagem.....	40
Tabela 3 - Utilizando o Método Racional para o cálculo da vazão demandada.....	41
Tabela 4 - Cálculo da capacidade de engolimento das bocas de lobo.....	41
Tabela 5 - Verificação (vazão real x vazão necessária)	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.2 PROBLEMATIZAÇÃO	13
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 OBJETIVOS	15
1.4.1 Objetivo Geral	15
1.4.2 Objetivo Específico	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 URBANIZAÇÃO	16
2.2 CONCEITOS DE HIDROLOGIA	17
2.2.1 Ciclo Hidrológico	17
2.2.2 Precipitação	19
2.2.3 Bacia Hidrográfica.....	19
2.2.4 Escoamento Superficial	20
2.2.5 Vazão	20
2.2.6 Tempo de Retorno	23
2.2.7 Tempo de Concentração	23
2.3 CONCEITOS DE DRENAGEM.....	24
2.3.1 Sarjetas	25
2.3.2 Sarjetões e Rasgos	26
2.3.3 Bocas de lobo	26
2.3.4 Tubos de ligação.....	29
2.3.5 Caixas de ligação	29
2.3.6 Poços de visita	29
2.3.7 Galerias.....	30
2.3.8 Canais	31
2.3.9 Alagamentos, Enchentes, Inundações	31
3 METODOLOGIA.....	32

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	32
3.2 AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 ANÁLISE DO LOCAL	35
4.2 BACIA DE CONTRIBUIÇÃO	37
4.3 AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE MICRODRENAGEM PRESENTES NA ÁREA DE ESTUDO E APRESENTAÇÃO DE POSSÍVEIS SOLUÇÕES	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

O processo de desenvolvimento urbano interfere na impermeabilização do solo, de modo que a taxa de infiltração diminui e a água passa a ser escoada pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. Esse ato ocasiona a elevação do volume escoado, que antes acontecia de forma lenta pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, exigindo maior capacidade de escoamentos das seções (TUCCI, 2007).

Buscando conter essa situação surge a drenagem urbana, que de acordo com Tucci (2014) pode ser definida como “o conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável”.

Drenagem urbana não é um assunto comentado com frequência, mas as consequências de falhas ou ausências do sistema de drenagem são evidenciadas constantemente em jornais, revistas e redes sociais, são elas inundações, enchentes, alagamentos entre outros. Tais problemas são ocasionados pela falta de um bom planejamento urbano.

Logo, podemos verificar que a drenagem envolve diversos aspectos e deve ser tratada e executada com muita precisão. Dentre as vantagens que um bom planejamento e dimensionamento do sistema de drenagem pode trazer, podemos dizer que, ele é capaz de diminuir os gastos com manutenção de vias públicas, refrear a incidência de doenças de veiculação hídrica e melhorar as condições de tráfego para pessoas e veículos.

Diante disto, este trabalho apresenta um estudo realizado com o sistema de drenagem presente no Parque Mutuca I, área de lazer localizada na cidade de Gurupi – TO. Os dispositivos de drenagem foram avaliados com o objetivo de verificar se eles atendem ou não as vazões solicitadas neste local.

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO

Gurupi é atualmente a terceira maior cidade do estado do Tocantins. De acordo com o último censo realizado pelo IBGE, em 2020, Gurupi tem cerca de 87.545 habitantes, ou seja, é caracterizada como uma cidade de médio porte. Recentemente, muitas obras estão sendo desenvolvidas na cidade, como a construção do primeiro shopping, um condomínio, uma nova rede supermercado (Atacadão dia a dia), entre outras obras que evidenciam que este município está em constante desenvolvimento.

O município não foi planejado, e devido a isso, possui bastante problemas de urbanização, dos que podem ser citados, os impasses com relação a drenagem urbana que são evidenciados pelos alagamentos frequentes que ocorrem em vários pontos da cidade, inclusive na área escolhida para o estudo, o Parque Mutuca.

O Parque Mutuca é um ponto turístico no município de Gurupi, um local de lazer para os moradores da região, normalmente ele é frequentado por bastante pessoas que utilizam o parque para fazer caminhadas, piqueniques e outras atividades de lazer. Este parque possui um córrego que é centralizado e percorre toda a extensão dele.

Entretanto, foi observado que nos períodos chuvosos da cidade, o córrego presente no Parque Mutuca transborda e promove situações inadequadas para a população local. Evidenciando que o sistema de drenagem nesta área possui algumas falhas substanciais.

Além disso, outra agravante existente é o fato de a cidade não conter muitos pontos de drenagem, sobrecarregando o sistema que existe em volta do Parque Mutuca.

1.3 JUSTIFICATIVA

Atualmente os seres humanos têm desenvolvido uma grande preocupação com relação a preservação do meio ambiente, pois devido aos impactos provocados pelas ações humanas muitos problemas têm surgido, como a destruição da camada de ozônio, extinção de espécies, erosões, inundações, alagamentos, enchentes, mudanças climáticas etc. Uma das ações que mais causam danos ao meio ambiente é a urbanização, pois em várias situações ela é realizada sem qualquer planejamento e isto agrava a situação de forma exponencial.

A falta de um planejamento urbano gera bastante situações problemáticas para a população, uma dessas situações é observada nos sistemas de drenagem, que quando não são bem projetados, proporcionam questões adversas para a população, como alagamentos, inundações e enchentes. A ocorrência desses problemas causa grandes prejuízos para os habitantes, como doenças de veiculação hídrica, erosões, grandes danos econômicos e até mesmo perda de vidas.

Do mesmo modo que em outras cidades do Brasil, o município de Gurupi sofre com a falta de um planejamento urbano. Foi verificado que na cidade existem alagamentos constantes nas vias públicas, esses são evidenciados nos períodos chuvosos, que ocorrem entre os meses de dezembro e maio. Nesses períodos as chuvas são intensas com grandes índices de precipitações em um curto tempo de duração.

Essas questões problemáticas são manifestadas com mais intensidade na região do Parque Mutuca, ponto turístico da cidade de Gurupi, o parque possui um córrego que transborda em períodos chuvosos, tornando a locomoção inviável, mesmo tendo dispositivos de drenagem nos arredores da área.

Em virtude disto, a proposta é avaliar os sistemas de drenagem presentes no Parque Mutuca, verificando a causa desses alagamentos e possíveis soluções para este problema.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Verificar as prováveis causas da ocorrência de alagamentos na região do Parque Mutuca I.

1.4.2 Objetivo Específico

- Caracterizar o sistema de drenagem presente na área de estudo;
- Avaliar a eficiência dos dispositivos de drenagem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

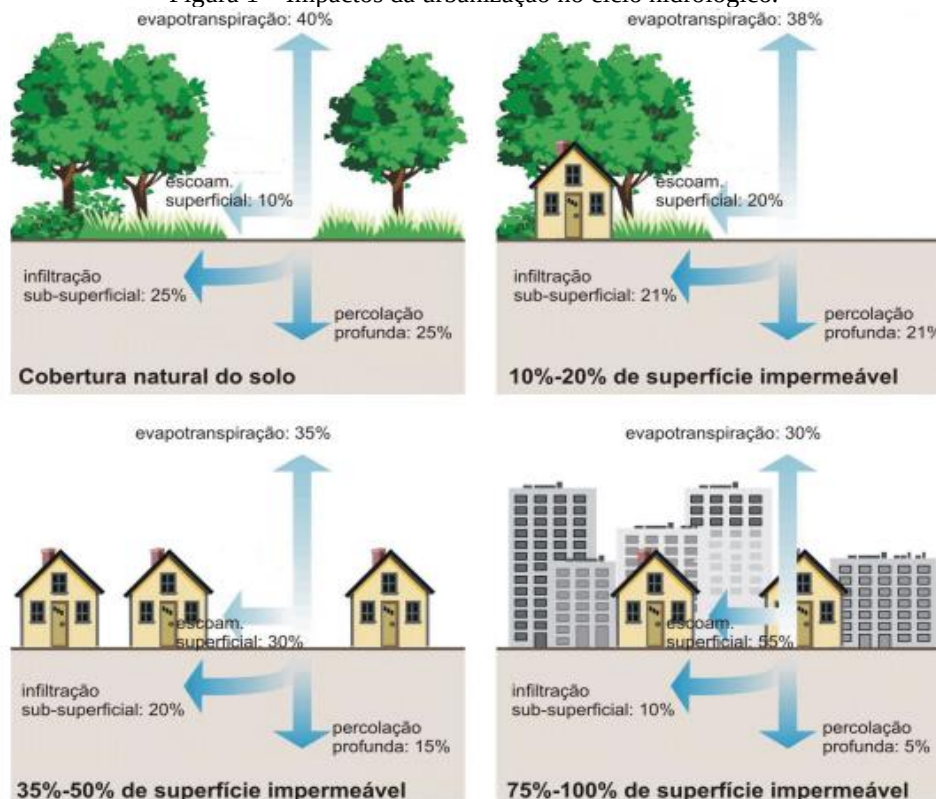
2.1 URBANIZAÇÃO

O processo de urbanização no Brasil foi notado a partir do fim da segunda guerra mundial quando, por necessidade de mão-de-obra nas grandes indústrias que estavam surgindo, a população que residia no meio rural se descola para o meio urbano (SANTOS, 1993; OLIVEN, 2010).

Esse crescimento foi acelerado depois da década de 60 e proporcionou o agravamento de poluições, ocasionando o desenvolvimento de diversas doenças de veiculação hídrica, aumento de temperatura, contaminação do lençol freático entre outros. Evidenciando que o processo de urbanização deve ser bem planejado, com objetivo de reduzir os prejuízos na sociedade e no meio ambiente (TUCCI, 1997).

Em decorrência da urbanização, o comportamento do escoamento superficial sofre alterações substanciais, principalmente devido a impermeabilização da superfície, essa ação ocasiona grandes picos e vazões. Isto ocorre pois há uma redução de área permeável do solo, que é desmatada durante o desenvolvimento urbano, essa diminuição interfere diretamente no ciclo hidrológico (TUCCI, 1997; PAZ, 2004; NETO, 2010).

Figura 1 – Impactos da urbanização no ciclo hidrológico.



Fonte: Paz, 2004.

2.2 CONCEITOS DE HIDROLOGIA

Hidrologia pode ser definida como a ciência natural que estuda a presença de água em todos seus estados e sua relação com os seres vivos, ela é caracterizada como uma disciplina ampla, que abrange muitas áreas do conhecimento e está presente nos estudos de diversos profissionais, como agrônomos, engenheiros, geógrafos, entre outros (GARCEZ E ALVAREZ, 1988; TUCCI, 2001).

2.2.1 Ciclo Hidrológico

As atividades humanas influenciam diretamente no meio ambiente, essas alterações podem ser em grande maioria imensuráveis, sendo praticamente impossível eliminar esses impactos. Uma das mudanças mais significativas que são observadas é no ciclo hidrológico (BOOTH, 1991; TUCCI, 1997; NETO, 2010).

O ciclo hidrológico pode ser definido como a sequência fechada de fenômenos naturais, esses podem ser divididos em dois ramos: o aéreo, estudado pela meteorologia e o

terrestre, objeto de estudo da hidrologia (BIGARELLA E SUGUIO, 1990; VAREJÃO-SILVA, 2006).

Segundo LIMA (2008):

O ciclo, obviamente, não tem começo nem fim. A água é evaporada dos oceanos e da superfície continental e se torna parte da atmosfera. A umidade atmosférica precipita-se tanto nos oceanos como nos continentes. Nestes a água precipitada pode ser interceptada pela vegetação, pode escoar pela superfície dos terrenos, ou pode infiltrar-se no solo, de onde pode ser absorvida pelas plantas. Assim, o ciclo da água envolve vários e complicados processos hidrológicos: evaporação, precipitação, interceptação, transpiração, infiltração, percolação, escoamento superficial etc.

O ciclo hidrológico pode ser representado da seguinte maneira (Figura 1).

Figura 2 – Ciclo Hidrológico.



Fonte: USGS (United States Geological Survey), 2019.

A energia solar eleva a temperatura ocasionando que a umidade presente na superfície terrestre suba para atmosfera através da evaporação e da evapotranspiração, esse processo ocorre quando a umidade em sua forma líquida ou sólida passa para forma gasosa (AYOADE, 1996).

O vapor d'água, ao subir para atmosfera sofre o processo de condensação devido à redução de temperatura, atingindo determinada dimensão. Essas gotículas de água precipitam-se em forma de chuva, na queda elas atravessam zonas de temperatura que podem modificá-las originando o granizo, a neve ou o orvalho. Parte dessa precipitação não atinge o solo, isto ocorre devido a vegetação reter essa queda, atividade denominada de interceptação, ou a ocorrência de evaporação durante esta etapa (DE SOUSA PINTO *et al.*, 1976; TUCCI, 2014).

Atingindo o solo, as águas precipitadas são distribuídas pela superfície terrestre de maneiras variadas podendo infiltrar-se no solo, abastecendo as águas subterrâneas, e fluir superficialmente indo aos córregos e riachos (BIGARELLA E SUGUIO, 1990).

Os recursos hídricos e o ciclo hidrológico são afetados diretamente pelo processo de urbanização, pois, como já citado, a urbanização aumenta as áreas impermeáveis e a canalização, ocasionando picos de cheia, aumentando a velocidade da água e produção de sedimentos e dos resíduos sólidos (BICUDO, TUNDISI, SCHEUENSTUHL, 2010).

2.2.2 Precipitação

A precipitação é definida como toda forma de água procedente da atmosfera que é depositada na superfície terrestre em diferentes estados que água se encontra, como, por exemplo, neve, granizo, orvalho, chuva, entre outros. No estudo da hidrologia a forma de precipitação de maior interesse é a chuva, devido ao fato dela possuir uma grande capacidade de gerar escoamento (PAZ, 2004).

Para que ocorra a precipitação das gotículas que estão presentes nas nuvens é necessário que elas possuam um volume tal que seu peso seja superior às forças atuantes em sua suspensão, quando isto acontece as gotas precipitam-se. As principais características de uma precipitação são seu total, seu período de duração e suas distribuições temporal e espacial (TUCCI, 2001).

De acordo com Paz (2004) e Tucci (2014), as precipitações podem ser classificadas em três tipos, sendo elas:

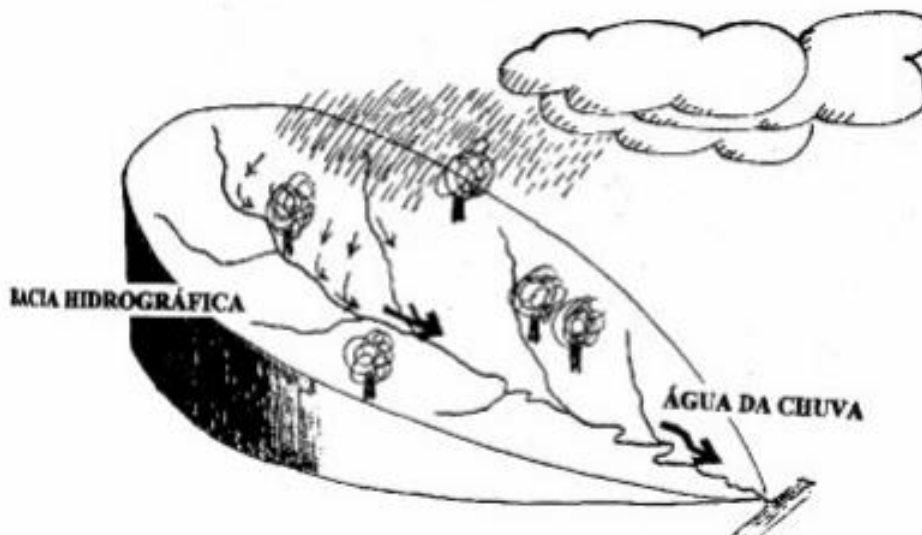
- Convectivas: são precipitações intensas e de curta duração que cobrem áreas pequenas. Este tipo de precipitações ocorre normalmente em regiões equatoriais;
- Orográficas: neste tipo, as precipitações são caracterizadas por serem de pequena intensidade e longa duração, cobrindo pequenas áreas;
- Frontais ou ciclônicas: atingem grandes áreas e são caracterizadas por serem de intensidade média e longa duração.

2.2.3 Bacia Hidrográfica

Bacia Hidrográfica pode ser definida como uma área de captação natural de águas precipitadas que escoam para um ponto de saída denominado exultório. Sua delimitação é

realizada pelos divisores de água e seus tamanhos possuem uma grande variação, podendo ser de dezena de metros quadrados a milhares de quilômetros quadrados (TUCCI, 2001; ALMEIDA, MASINI, MALTA, 2017).

Figura 3 – Representação de uma Bacia Hidrográfica.



Fonte: Pedrazzi, 2003.

Segundo Tucci (2001), ela é composta pelo conjunto de superfícies vertentes e por uma rede de drenagem, formado por cursos de água que convergem até o exutório. No momento que ocorre a precipitação nessas superfícies vertentes, há a infiltração nos solos até o período que ocorre a saturação superficial deste, situação em que ocorre a diminuição da taxa de infiltração e o surgimento de crescentes escoamentos superficiais.

2.2.4 Escoamento Superficial

O escoamento superficial pode ser definido como uma parcela do ciclo hidrológico que se refere ao deslocamento das águas sobre uma superfície (TUCCI, 2001). A principal origem do escoamento superficial é a precipitação (PAZ, 2004).

2.2.5 Vazão

De acordo com Azevedo Netto (2015) a vazão pode ser caracterizada como o volume de um líquido que escoar por uma determinada seção transversal em uma unidade de tempo, de modo que a mesma é expressa em m^3/s ou l/s .

Para a determinação da vazão máxima, utiliza-se o método racional, que é expresso de uma forma simples, relacionando a vazão com a área da bacia, intensidade da chuva e um coeficiente de deflúvio (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE, 2005).

Apesar de ser recomendado somente para bacias menores que 500 hectares, o método racional, devido a sua simplicidade, é utilizado para bacias cerca de 3 a 4 vezes maior que esse limite, porém, para o uso deste método as chuvas de retorno não podem exceder 50 anos (AZEVEDO NETTO, 2015).

A equação do método racional para intensidade (i) em mm/h e área (A) em km², é descrita da seguinte forma:

$$Q_{m\acute{a}x} = 0,278 * C * i_{m\acute{a}x} * A \quad (1)$$

Onde:

$Q_{m\acute{a}x}$ = vazão superficial máxima (m³/s);

C = coeficiente de escoamento superficial;

$i_{m\acute{a}x}$ = intensidade máxima de precipitação (mm/h);

A = área da bacia (km²).

O valor do coeficiente de escoamento superficial é mostrado na Tabela 1, disponibilizado pelo DNIT.

Tabela 1 – Valores para o coeficiente de escoamento superficial (C).

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "c"
Comércio:	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial:	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
Industrial:	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos baldios	0,10 a 0,30

Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), 2005.

A intensidade máxima de duração é determinada a partir da relação intensidade, duração e frequência da precipitação (VILLELA e MATTOS, 1975; AZEVEDO NETTO, 2015). Podendo ser expressa a partir da fórmula IDF (intensidade-duração-frequência), uma equação genérica:

$$i_{m\acute{a}x} = \frac{K * T_r^m}{(t + t_0)^n} \quad (2)$$

Onde:

$i_{m\acute{a}x}$ = Intensidade de precipitação (mm/h);

T_r = tempo de retorno (anos);

t = tempo de duração da precipitação (min);

K , m , n e t_0 = são constantes baseadas em dados locais, variando de acordo com a cidade.

2.2.6 Tempo de Retorno

O Tempo de retorno (T_r), período de retorno ou ainda tempo de recorrência é caracterizado como um número médio, fornecido em anos, em que um determinado evento hidrológico é igualado ou excedido. Ou seja, determinar o período de retorno em uma obra é decidir qual o risco a população estará sujeito depois da conclusão da mesma (TUCCI, 2001).

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT – 2005):

A escolha do tempo de recorrência para o projeto de uma obra de engenharia, conseqüentemente, a vazão de projeto desta obra, depende da sua importância, o que resulta na adoção de um valor para o qual o risco de superação seja adequado à segurança da rodovia, no que se inclui a necessidade eventual da sua reconstrução. Deve ser considerado ainda que, quanto maior o tempo de recorrência, mais volumosos será o caudal e, conseqüentemente, mais onerosa a reconstrução, ou reparação [...] geralmente, os períodos de recorrência normalmente adotados no caso de bueiros são de 10 a 20 anos e, para as pontes, definem-se tempos de recorrência de 50 a 100 anos, conforme o tipo e importância da obra.

Normalmente os valores de tempo de retorno são estabelecidos por legislações locais, mas, o valor adotado usualmente é o de 10 anos para microdrenagem (ALMEIDA, MASINI, MALTA, 2017).

2.2.7 Tempo de Concentração

Segundo Botelho (2006) o tempo de concentração (T_c) de uma bacia hidrográfica é definido como o tempo de percurso que uma determinada bacia leva para que contribua totalmente na seção de interesse, este tempo é contado a partir do início da precipitação.

De acordo com Azevedo Netto (2015) o tempo de concentração (T_c) é encontrado a partir da soma dos tempos: de concentração anterior (T_c anterior) e de percurso do trecho (T_p):

$$T_c = T_c(\text{anterior}) + T_p \quad (3)$$

Onde:

T_c = tempo de concentração;

T_c (anterior) = tempo de concentração do trecho anterior (min);

T_p = tempo de percurso do trecho (min).

O tempo de percurso do trecho (T_p) é determinado pela seguinte fórmula:

$$T_p = \frac{L}{V} \quad (4)$$

Onde:

L = comprimento do trecho (m);

V = velocidade real de escoamento (m/s).

A velocidade de escoamento no trecho pode ser obtida através da equação de Manning:

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Onde:

V = velocidade (m/s);

n = coeficiente de Manning (de acordo com o material do conduto);

Rh = Raio hidráulico (m);

S = declividade no trecho do canal.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB – 1986) sugere que o tempo de duração da chuva tenha um valor mínimo de 10 min para que este seja aplicado no método racional. Desse modo aquelas bacias que obtiverem um valor menor que o mínimo deve ser adotado 10 min.

2.3 CONCEITOS DE DRENAGEM

O sistema de drenagem urbana é definido como o conjunto de medidas destinadas a minimizar os riscos e prejuízos ocasionados pelo intenso desenvolvimento urbano, além de recolher as águas pluviais precipitadas conduzindo-as a um destino (TUCCI, 2014).

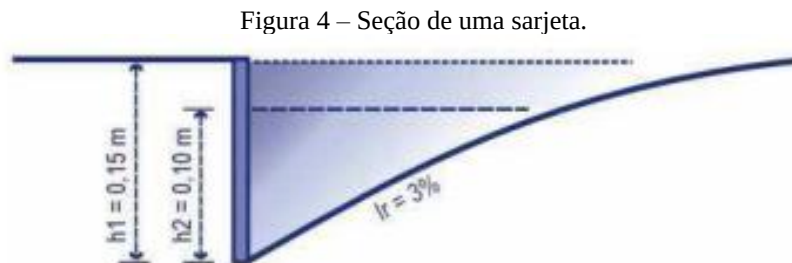
A drenagem urbana pode ser dividida em dois grupos: a microdrenagem e a macrodrenagem. A microdrenagem é definida como o conjunto de sistema de condutos pluviais dimensionado para atender a drenagem de precipitações com risco moderado, temos como

exemplo de microdrenagem as sarjetas e guias, pavimentos, bocas de lobo, rede subterrânea, entre outros. Já a macrodrenagem constitui-se como um sistema projetado para acomodar escoamentos pluviais provenientes da microdrenagem, são exemplos de macrodrenagem as galerias e os canais naturais (TUCCI, 2005).

De acordo com Neto (2010) para a elaboração de projetos de drenagem urbana é extremamente recomendável que exista um plano diretor de drenagem urbana identificando as áreas que serão preservadas e a seleção das que possam ser adquiridas pelo poder público, “também é fundamental a elaboração do zoneamento da várzea de inundação e o estabelecimento de um escalonamento cronológico e espacial das implantações das medidas necessárias”.

2.3.1 Sarjetas

As sarjetas são calhas paralelas ao meio-fio, responsáveis por coletar/transportar as águas pluviais que percorrem pelas vias públicas (AZEVEDO NETTO, 2015).



Fonte: Tucci, 2001.

De acordo com Tucci (2001) a capacidade de condução da sarjeta, pode ser calculada a partir da expressão dada por Strickler-Manning:

$$V = K * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Onde:

V = velocidade na sarjeta (m/s);

K = coeficiente de rugosidade (é adotado 60 para pavimento comum);

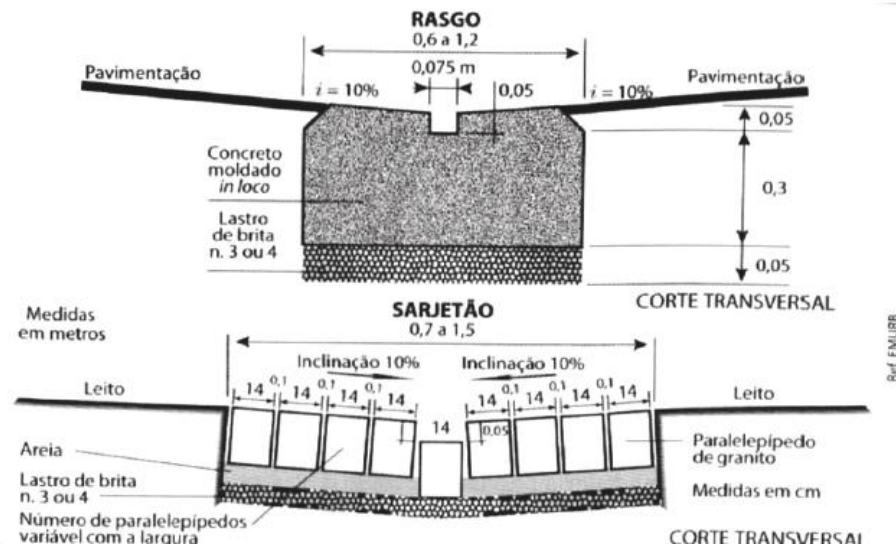
R = raio hidráulico (m), onde $R = \frac{A(\text{área})}{P(\text{perímetro molhado})}$;

S = declividade da rua (m/m).

2.3.2 Sarjetões e Rasgos

Sarjetões e rasgos são estruturas responsáveis por encaminhar os fluxos superficiais, eles são executados nos cruzamentos das vias públicas, sendo feitos com a própria pavimentação (ALMEIDA, MASINI, MALTA, 2017).

Figura 5 – Seção transversal de um rasgo e um sarjetão.



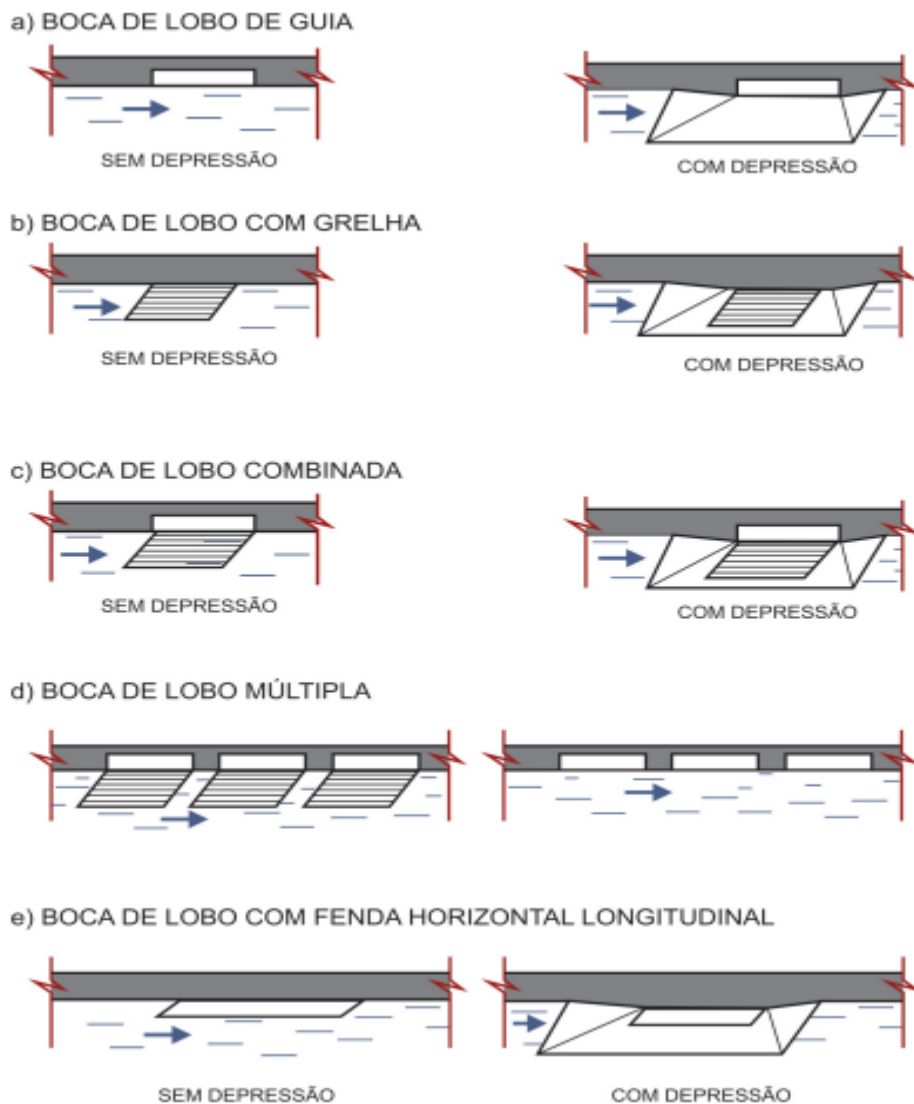
Fonte: Hidrologia e drenagem, 2017.

2.3.3 Bocas de lobo

Segundo Azevedo Netto (2015) as bocas de lobo são estruturas localizadas nas sarjetas com o objetivo de captar as águas pluviais que escoam por elas, quando essas esgotam sua capacidade hidráulica.

As bocas de lobo podem ser divididas em três grupos: entradas com abertura na guia, ralos de sarjeta (grelhas) e entradas combinadas. Cada um dos tipos tem variações relacionados a nível da superfície (se possui depressões ou não) e a quantidade, podendo ser simples ou combinada (TUCCI, 2001; ALMEIDA, MASINI, MALTA, 2017).

Figura 6 – Tipos de bocas de lobo.



Fonte: Manual de Drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos, diretrizes para projetos, São Paulo, 2012.

De acordo com Tucci (2001) a capacidade de engolimento das bocas de lobo pode ser determinada através da seguinte fórmula:

$$Q = 1,7 * L * y^{\frac{3}{2}} \quad (7)$$

Onde:

Q = vazão de engolimento (m³/s);

L = comprimento da soleira (m);

y = altura de água próximo à abertura na guia (m).

Esta fórmula é utilizada somente para os casos em que a altura da lâmina de água é menor que a da abertura da guia. Porém, para os casos em que esta altura se sobressai, ficando maior do que o dobro da abertura na guia, a vazão é calculada pela seguinte equação (TUCCI, 2001):

$$Q = 3,101 * L * h^{\frac{3}{2}} * \sqrt{\frac{2y - h}{2h}} \quad (8)$$

Onde:

Q = vazão de engolimento (m³/s);

L = comprimento da abertura (m);

h = altura da guia (m);

y = altura de água próximo à abertura na guia (m), a opção por outra fórmula para $h < y < 2h$, fica a critério do projetista.

As bocas de lobo com grelha, operam como vertedores de soleira livre, a sua vazão de engolimento é fornecido pela equação 7, substituindo L por P (perímetro do orifício em metros), essa equação só pode ser utilizada para profundidade de lâmina até 12 cm. Quando esta profundidade é superior a 42 cm, a vazão é dada por (TUCCI, 2001):

$$Q = 2,91 * A * y^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Onde:

Q = vazão de engolimento (m³/s);

A = área da grade (m²);

y = altura de água próximo à abertura na guia (m).

Segundo Tucci (2001) e Botelho (2006) algumas recomendações devem ser levadas em consideração na execução das bocas de lobo:

- a) As bocas de lobo não devem ser instaladas em frente as garagens.
- b) Serão locadas em ambos os lados da rua somente quando a saturação da sarjeta requisitar ou se as capacidades de engolimento forem ultrapassadas.
- c) Devem ser executadas nos pontos baixos da quadra.

- d) É recomendável que haja um espaçamento máximo de sessenta metros entre as bocas de lobo.
- e) É necessário realizar uma limpeza periódica nas bocas de lobos, principalmente antes dos períodos chuvosos.
- f) As bocas de lobo não podem ser instaladas no limite de cruzamentos, somente nas proximidades destes.

2.3.4 Tubos de ligação

São definidos como dispositivos de ligação entre as bocas de lobo e os poços de visita ou caixas de ligação (ALMEIDA, MASINI, MALTA, 2017).

2.3.5 Caixas de ligação

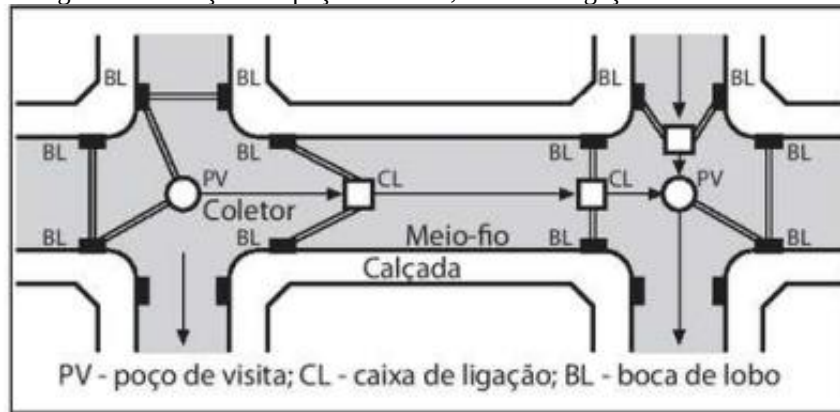
Segundo Azevedo Netto (2015) as caixas de ligação são estruturas, não visitáveis, que recebem tubos de ligação de bocas de lobo intermediárias, além disso elas também são responsáveis por evitar o excesso de ligações no mesmo poço de visita.

5.3.6 Poços de visita

Os poços de visita (PV) são dispositivos que permitem o acesso as canalizações, para a inspeção e manutenção das mesmas, com o objetivo de mantê-las em um bom estado de funcionamento (BOTELHO, 2006).

Segundo Tucci (2001) os poços de visita (PV) são estruturas localizadas em pontos estratégicos no sistema de galerias, proporcionando, além de limpeza e inspeção, mudanças de direção, declividade e diâmetro das canalizações.

Figura 7 – Locação dos poços de visita, caixas de ligação e bocas de lobo.



Fonte: Azevedo Netto, 2015.

2.3.7 Galerias

As galerias são estruturas responsáveis por conduzir as águas pluviais procedentes das ligações privadas e das bocas de lobo (TUCCI, 2001).

O dimensionamento das galerias de águas pluviais é efetuado com base nas fórmulas hidráulicas de movimento uniforme, como as de Manning, Chezy, entre outras. O cálculo depende de duas variáveis, sendo elas o coeficiente de rugosidade (n) e o tipo de galeria adotado (AZEVEDO NETTO, 2015). Para o cálculo é utilizado a seguinte fórmula de Manning (adaptada da equação 5):

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

Onde:

V = velocidade média (m/s);

n = coeficiente de rugosidade de Manning (a ABNT NBR 9649:1986 fornece um valor de rugosidade $n=0,0013$, nos casos de estruturas de concreto);

R = raio hidráulico (m), onde $R = \frac{A \text{ (área em m}^2\text{)}}{P \text{ (perímetro em m)}}$;

S = declividade (m/m);

Q = vazão de pico (m³/s), onde $Q = A * V$ (equação da continuidade).

De acordo com ABNT NBR 9649:1986, a declividade mínima, é dada pela seguinte fórmula:

$$I_0\text{mín.} = 0,0055 * Q_i^{-0,47} \quad (11)$$

Onde:

$I_0\text{mín.}$ = declividade mínima (m/m)

Q_i = vazão inicial (l/s)

A ABNT NBR 9649:1986 expõe que a declividade máxima admissível é aquela para qual se tenha $V = 5$ m/s.

2.3.8 Canais

Os canais são caracterizados como estruturas, naturais ou artificiais, responsáveis pela condução de um curso d'água (ALMEIDA, MASINI, MALTA, 2017).

2.3.9 Alagamentos, Enchentes, Inundações

Ao longo da história, o homem sempre buscou residir próximo as fontes de água em busca de utilizar a mesma para fins de abastecimento, agricultura, navegação entre outros. Contudo essa proximidade com as águas expõem a população as intempéries como alagamentos, enchentes e inundações. Essas possuem significados distintos, o alagamento é caracterizado por um acúmulo passageiro de águas, que ocorre em determinados locais por ineficiência dos sistemas de drenagem, a enchente é definida como a elevação da cota de água em um canal de drenagem, proporcionado pelo aumento de vazão, e a inundação é o transbordamento de águas que atinge uma superfície seca (ALMEIDA, MASINI, MALTA, 2017).

Figura 8 – Alagamento, enchente e inundações.



Fonte: Hidrologia e drenagem, 2017.

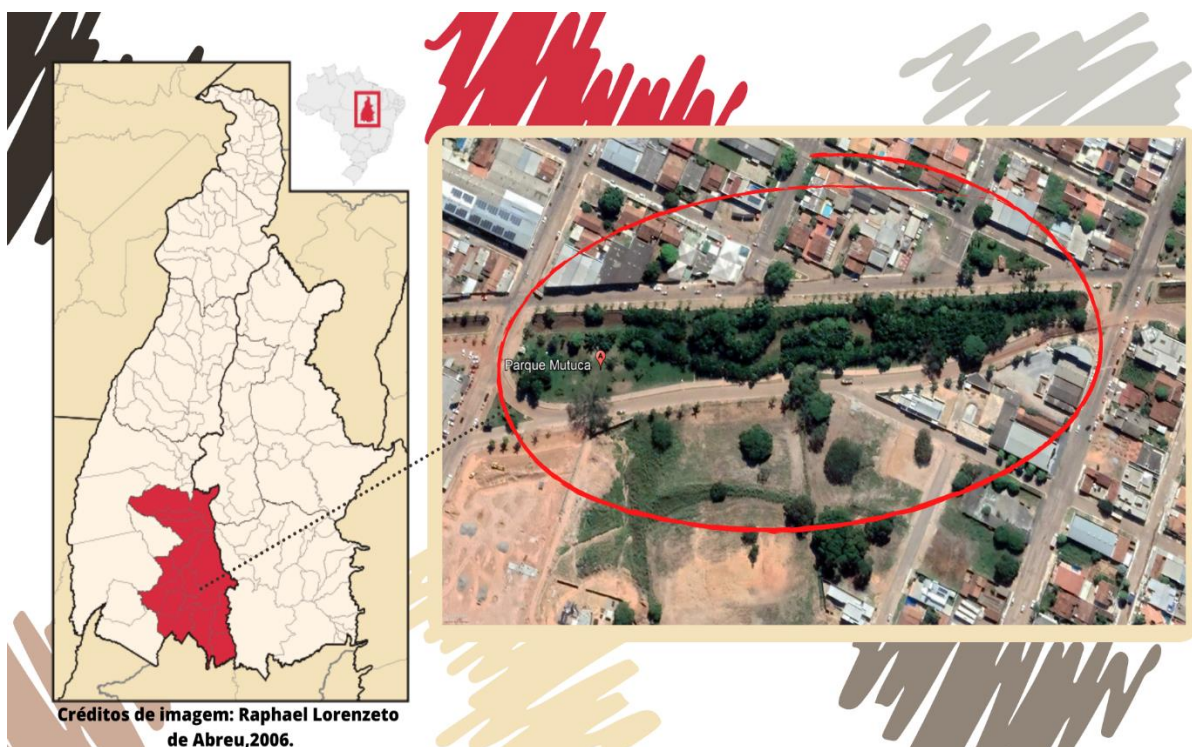
3 METODOLOGIA

A pesquisa em questão, de caráter qualitativo e quantitativo, foi realizada no Parque Mutuca, localizado na cidade de Gurupi – TO. O procedimento para a realização da pesquisa foi dividido nas seguintes etapas: levantamento de dados, avaliação dos sistemas de drenagem no local e proposta de solução.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na cidade de Gurupi – TO, uma cidade com população estimada em 87.545 habitantes (IBGE, 2020). Entre as poucas áreas de lazer que o município possui, está o local de estudo, o Parque Mutuca I.

Figura 9 – Área de estudo.



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2021.

O Parque Mutuca é um local movimentado pelos moradores e turistas da região. Ele é cercado pelas avenidas: Beira rio, Maranhão e Ceará, elas estão entre as principais avenidas da cidade, por onde existe um grande fluxo de carros, motos, caminhões e pedestres.

Figura 10 – Parque Mutuca I, com as avenidas que o cercam.



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2021.

3.2 AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE DRENAGEM

As curvas de nível da região de estudo foram encontradas com o uso do site USGS Earth Explorer, Google Earth Pro e o GIS (Sistema de Informação Geográfica). Posteriormente elas foram lançadas no programa AutoCAD 2020, onde foram traçados os divisores de água e as áreas de influência em cada um dos sistemas de drenagem. Este procedimento foi realizado devido a ausência de alguns dados técnicos da área de estudo.

Foram realizados levantamentos in loco, através de registros fotográficos e medições com o uso de trena. As imagens adquiridas foram tratadas com o uso do Canva, editor de imagens online, e as dimensões de cada sistema de drenagem foram lançadas no Excel para o tratamento destes dados.

Com o uso do Método Racional, equação 1, foi possível calcular as vazões demandadas para o local. O coeficiente de escoamento superficial (C) foi selecionado de acordo com a tabela 1, a área é caracterizada como uma zona comercial e, apesar de ser um parque, está localizada na periferia do centro da cidade, portanto foi selecionado o valor médio de 0,6.

Para o cálculo da intensidade máxima de chuva é necessário uma equação específica que varia de cidade para cidade. Porém o município de Gurupi – TO não possui essa equação IDF (intensidade – duração – frequência), por conta deste motivo foi selecionado a equação IDF do Formoso do Araguaia – TO, a cidade mais próxima que detém essa equação.

Foi considerada a equação proposta por Silva *et al* (2003):

$$i = \frac{8740,420 * T^{0,176}}{(t + 54,663)^{1,078}} \quad (12)$$

As recomendações de Almeida, Masini e Malta (2017), que propõem um período de retorno de 10 anos, e da CETESB, que sugere um tempo de concentração de 10 minutos, foram consideradas, de forma que o valor da intensidade máxima de chuva para as estruturas presentes no Parque Mutuca I resultou em 146, 44 mm/h.

Como todas as estruturas de drenagem observadas são Bocas de Lobo, foi utilizado a equação 7, para o cálculo da capacidade de engolimento de cada uma delas.

Os valores de vazões obtidos foram comparados para verificar se os dispositivos atendem à demanda local.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DO LOCAL

Foram realizados levantamentos in loco no Parque Mutuca I para coletar informações sobre a área. Efetuou-se registros fotográficos das Avenidas Maranhão, Ceará e Beira Rio, que circulam o local de estudo (Figura 11).

Como podemos verificar esta é uma área cercada por comércios, como o Supermercado Beira Rio e o Atacadão dia a dia, o local também possui bastante fluxo de pessoas, principalmente as 17h00, e de transportes nos horários de pico, 8h00, 12h00 e 18h00, evidenciando que a área é constantemente frequentada pelos moradores.

Figura 11 – Avenidas que circulam o Parque Mutuca I.



Av. Beira Rio



Av. Ceará



Av. Maranhão



Av. Beira Rio

Fonte: Autoria própria, 2021.

O Parque possui um córrego que recebe todas as contribuições dos sistemas de drenagem presentes no local, é possível verificar as galerias existentes no córrego (Figura 12).

Figura 12 – Vista das galerias presentes no Parque Mutuca I.



Av. Maranhão



Av. Ceará

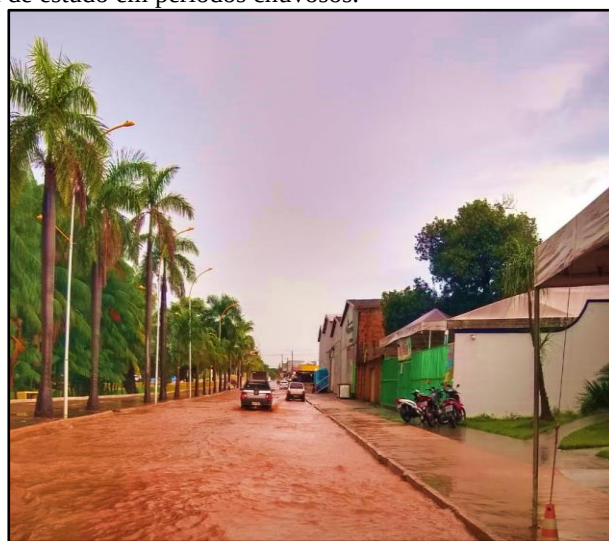
Fonte: Autoria própria, 2021.

Em inspeção visual, realizada nos períodos chuvosos, foi verificado que a área de estudo se encontra completamente alagada e muitas vezes imprópria para a locomoção (Figura 13). Esse fato foi observado durante dezembro de 2020 e maio de 2021, meses em que há precipitações na cidade.

Figura 13 – Situação da área de estudo em períodos chuvosos.



Av. Ceará



Av. Beira Rio



Av. Beira Rio

Fonte: Autoria própria, 2021.

Como pode ser verificado na Figura 13, a área de estudo possui problemas de microdrenagem e de macrodrenagem, entretanto, a macrodrenagem não foi avaliada neste trabalho devido a pesquisa já possuir uma extensão considerável.

4.2 BACIA DE CONTRIBUIÇÃO

Utilizando o Google Earth foi possível mensurar a área da bacia de contribuição do Parque Mutuca (Figura 14).

Figura 14 – Bacia de Contribuição.



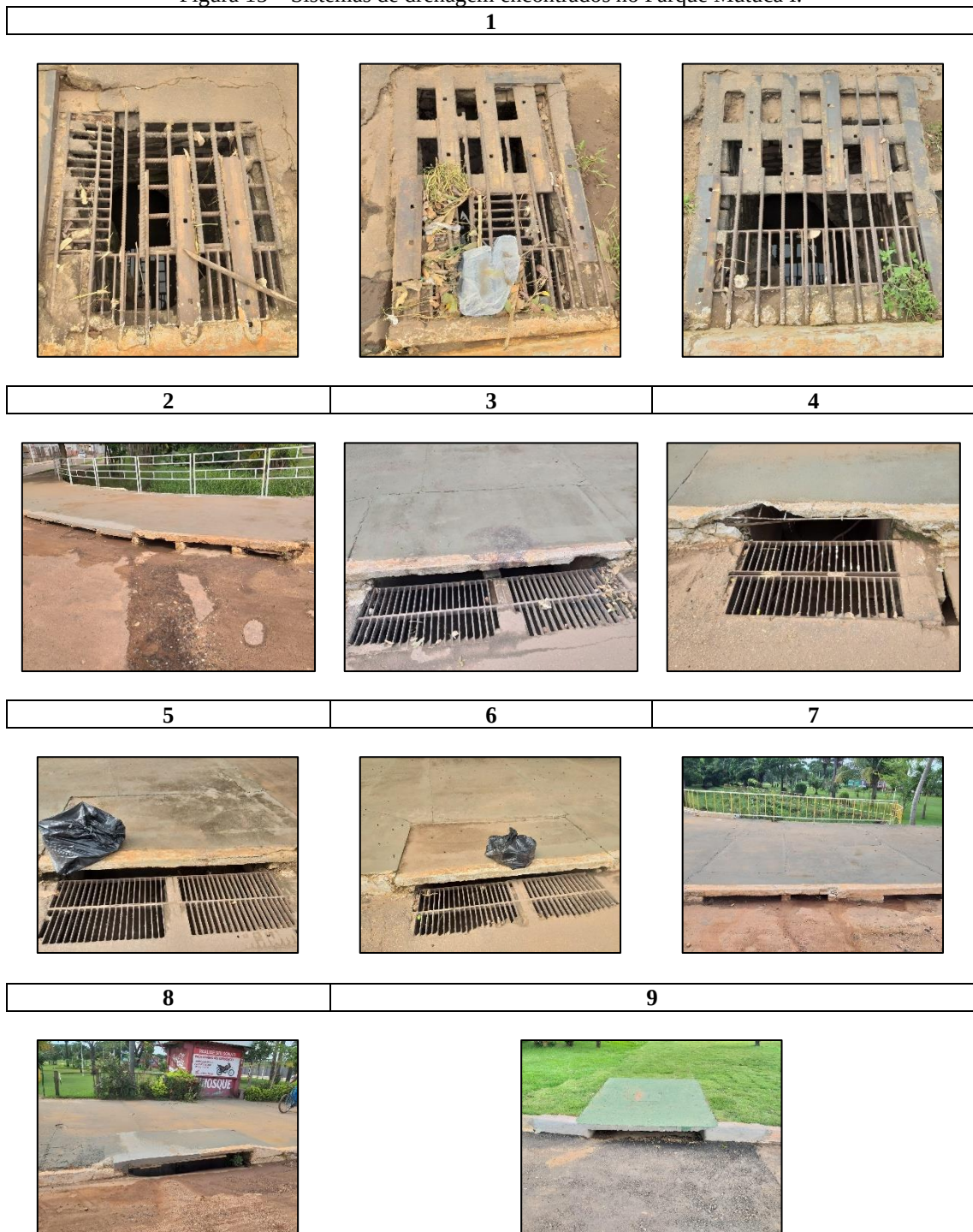
Fonte: Google Earth, 2021.

Como podemos verificar, o Parque Mutuca é um local que possui uma grande bacia de contribuição. Este fato pode proporcionar a saturação desta área, que é evidenciada pelos diversos problemas de alagamentos que foram encontrados no local.

4.3 AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE MICRODRENAGEM PRESENTES NA ÁREA DE ESTUDO E APRESENTAÇÃO DE POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Analizando visualmente o Parque Mutuca I, foram observados nove dispositivos de drenagem, sendo três deles bocas de lobo múltiplas com grelha, enumeradas como 1, quatro bocas de lobo simples, enumeradas de 2, 7, 8 e 9, e as outras quatro são bocas de lobo combinadas, enumeradas como 3, 4, 5 e 6, através disso realizaram-se registros fotográficos e medições dessas estruturas (Figura 15).

Figura 15 – Sistemas de drenagem encontrados no Parque Mutuca I.



Fonte: Autoria própria, 2021.

As dimensões coletadas foram colocadas Tabela 2, nenhuma das estruturas possuía depressão.

TABELA 2 - LEVANTAMENTO DE DADOS DAS ESTRUTURAS DE DRENAGEM							
Dispositivo de Drenagem	Descrição	Medidas das Bocas de Lobo			Medidas das Grelhas		
		Quantidade	Comprimento (m)	Altura (m)	Quantidade	Comprimento (m)	Largura (m)
BL1	BL com grelha/sem depressão/múltipla	0	-	-	3	0.91	0.76
BL2	BL com guia/sem depressão/múltipla	8	0.60	0.13	0	-	-
BL3	BL combinada/sem depressão/singular	1	0.95	0.10	1	0.95	0.60
BL4	BL combinada/sem depressão/singular	1	1.85	0.10	1	1.85	0.45
BL5	BL combinada/sem depressão/singular	1	1.70	0.10	1	1.70	0.50
BL6	BL combinada/sem depressão/singular	1	1.75	0.10	1	1.75	0.50
BL7	BL com guia/sem depressão/múltipla	3	0.95	0.10	0	-	-
BL8	BL com guia/sem depressão/singular	1	1.50	0.17	0	-	-
BL9	BL com guia/sem depressão/singular	1	2.00	0.30	0	-	-

Fonte: Autoria própria, 2021.

Devido a ausência de alguns dados, como as cartas topográficas de Gurupi, as áreas de contribuição não foram mensuradas com toda a precisão possível. Para suprir a falta destes dados utilizou-se o Google Earth Pro em conjunto com o software Qgis, AutoCAD e o site USGS para conseguir verificar as curvas de nível da área de estudo, e com isto poder mensurar as áreas de contribuição para cada dispositivo de drenagem.

A área de estudo foi delimitada pelas Avenidas Maranhão e Ceará, logo avaliou-se somente as estruturas de drenagem presentes neste local, é importante ressaltar que o Parque Mutuca é extenso, sendo dividido em Parque Mutuca I e II, e cada parte deste possui dispositivos de drenagem, visto que é um local que recebe grandes taxas de contribuições.

Os valores obtidos para as áreas de contribuição foram colocados na Tabela 3 e utilizou – se o Método racional, equação 1, para obter-se a vazão demandada para cada estrutura de drenagem.

TABELA 3 - UTILIZANDO O MÉTODO RACIONAL PARA O CÁLCULO DA VAZÃO DEMANDADA			
Dispositivo de Drenagem	Área de Contribuição (km²)	Vazão (m³/s)	Vazão (l/s)
BL1	0.06335	1.547	1547.33
BL2	0.04150	1.014	1013.76
BL3	0.02939	0.718	717.91
BL4	0.03825	0.934	934.40
BL5	0.08353	2.040	2040.22
BL6	0.12980	3.171	3170.59
BL7	0.04636	1.132	1132.45
BL8	0.02147	0.525	524.50
BL9	0.03389	0.828	827.83

Fonte: Autoria própria, 2021.

Com a equação 7 foram calculadas as capacidades de engolimento de cada boca de lobo (Tabela 4).

TABELA 4 - CÁLCULO DA CAPACIDADE DE ENGOLIMENTO DAS BOCAS DE LOBO												
Dispositivo de Drenagem	Descrição	Dimensões da BL					Grelha					Capacidade de engolimento da boca de lobo
		Quantidade	L (m)	h (m)	Qbl (m³/s)	Qbl (l/s)	Quantidade	P (m)	y (m)	Qg (m³/s)	Qg (l/s)	Qreal (l/s)
BL1	BL com grelha/sem depressão/múltipla	0	0	0	0	0	3	3.34	0.15	0.3299	989.59	989.59
BL2	BL com guia/sem depressão/múltipla	8	0.60	0.13	0.0478	382.48	0	0	0	0	0	382.48
BL3	BL combinada/sem depressão/singular	1	0.95	0.10	0.0511	51.07	1	2.5	0.10	0.1344	134.40	185.47
BL4	BL combinada/sem depressão/singular	1	1.85	0.10	0.0995	99.45	1	2.75	0.10	0.1478	147.84	247.29
BL5	BL combinada/sem depressão/singular	1	1.70	0.10	0.0914	91.39	1	2.7	0.10	0.1451	145.15	236.54
BL6	BL combinada/sem depressão/singular	1	1.75	0.10	0.0941	94.08	1	2.75	0.10	0.1478	147.84	241.91
BL7	BL com guia/sem depressão/múltipla	3	0.95	0.10	0.0511	153.21	0	0	0	0	0	153.21
BL8	BL com guia/sem depressão/singular	1	1.50	0.17	0.1787	178.74	0	0	0	0	0	178.74
BL9	BL com guia/sem depressão/singular	1	2.00	0.30	0.5587	558.68	0	0	0	0	0	558.68

Fonte: Autoria própria, 2021.

Os valores encontrados para a capacidade de engolimento das bocas de lobo (vazão real) e vazão demandada (vazão necessária) foram comparados na Tabela 5, e, em conjunto, foi verificado se as estruturas de drenagem do Parque Mutuca I atendem ou não a demanda local.

TABELA 5 - VERIFICAÇÃO (Vazão real x Vazão necessária)		
Capacidade de engolimento das Bocas de Lobo	Vazão necessária	Verificação
989.59	1547.33	NÃO ATENDE
382.48	1013.76	NÃO ATENDE
185.47	717.91	NÃO ATENDE
247.29	934.40	NÃO ATENDE
236.54	2040.22	NÃO ATENDE
241.91	3170.59	NÃO ATENDE
153.21	1132.45	NÃO ATENDE
178.74	524.50	NÃO ATENDE
558.68	827.83	NÃO ATENDE

Fonte: Autoria própria, 2021.

Com estes resultados conseguimos verificar que nenhum dos dispositivos de drenagem presentes no Parque Mutuca I, está dimensionado para conter toda a vazão demandada. Isto explica o fato da área sofrer com alagamentos constantes em períodos chuvosos.

Provavelmente estas estruturas não foram projetadas para o grande fluxo que é demandado, pois esta região é uma área que recebe grandes contribuições, devido a mesma estar localizada em um ponto mais baixo que os demais locais da cidade. Portanto as maiores taxas de contribuições são direcionadas para o Parque Mutuca I e suas estruturas de drenagem.

Neste caso, as possíveis soluções são: planejar e executar uma rede de drenagem eficaz para o município, para que o Parque Mutuca I não seja tão sobrecarregado, utilizar asfalto permeável e construir outras áreas que retenham a água da chuva. Também é importante que sejam realizadas limpezas periódicas nos dispositivos de drenagem, para que os mesmos possam funcionar corretamente.

Juntamente com isto, deve-se garantir áreas de infiltração através de legislação, de modo que seja regulamentado o uso e ocupação do solo, utilizar técnicas compensatórias, como

poços e trincheiras de infiltração, com o objetivo de auxiliar na drenagem do local, e aplicar indicadores de fragilidade de natureza tecnológica, envolvendo os sistemas de microdrenagem e macrodrenagem, ambiental, englobando os usos do solo, climatológica, que envolve o regime de chuvas intensas, e institucional, abrangendo aspectos legais e gerenciais.

É necessário que a prefeitura de Gurupi - TO avalie toda a área verificando quais medidas devem ser tomadas para conter esta situação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade de Gurupi – TO sofre com problemas gerados pela falta de planejamento urbano, como foi verificado, nenhum dos dispositivos de drenagem presentes na área de estudo foram aprovados, evidenciando que os mesmos não foram dimensionados para suportar a vazão solicitada. Por este motivo o trecho estudado sofre com constantes alagamentos, proporcionando situações adversas para os moradores da região.

Recentemente foram divulgadas obras de desobstrução dos dispositivos de drenagem presentes no local, essa manutenção deve ocorrer de forma periódica principalmente pelo fato das estruturas de drenagem não suprirem a demanda.

Em suma, os objetivos da pesquisa foram alcançados, de modo que foi verificado qual a vazão necessária em cada estrutura de drenagem da área de estudo e comparado com a capacidade de engolimento real delas. Diante desta situação, ficou evidente que os dispositivos de drenagem não atendem à demanda de vazão e, provavelmente, nem o Parque Mutuca, em toda sua extensão, suporta o grande fluxo de águas pluviais que chegam ao local.

5.1 DESAFIOS E LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Foi encontrado dificuldades no desenvolvimento deste trabalho, principalmente devido à falta de informações sobre a área de estudo, algumas pessoas contactas elucidaram que provavelmente as informações técnicas desta área são antigas ou até mesmo inexistentes. Este fato evidencia os erros ou falta de planejamento que esta cidade possui, mostrando que os órgãos públicos do município não estão dando toda a atenção necessária para essas questões.

Por esse motivo, o local da pesquisa teve que ser limitado ao Parque Mutuca I, não sendo possível estudar a área completamente.

5.2 SUGESTÕES DE PESQUISA FUTURA

Devido ao tempo de pesquisa e a falta de alguns dados importantes sobre a cidade de Gurupi – TO, não foi possível avaliar toda a região do Parque Mutuca, pois ela é extensa. Portanto sugere-se algumas ações para a melhoria do estudo e avanço da pesquisa:

- Devem ser desenvolvidos estudos topográficos na região, para que os dimensionamentos sejam mais precisos;

- Em relação as bacias de contribuição, deve-se mensurar toda área que contribui na região do Parque Mutuca, avaliando e dimensionando corretamente as vazões que chegam ao local;
- Projetar uma rede de drenagem que resolva os problemas de alagamentos encontrados no Parque Mutuca;
- Avaliar os problemas de macrodrenagem existente no local.

REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 9649. **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.
- ALMEIDA, G. H. T. D. de; MASINI, L. S.; MALTA, L. R. S. **Hidrologia e Drenagem**. Editora e Distribuidora, 2017.
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Manual de hidráulica**. 9. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2015.
- BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.
- BIGARELLA, J.J. & SUGUIO, K. **Ambientes Fluviais**. Editora da UFSC: Editora da Universidade Federal do Paraná, Florianópolis, 2.ed. 1990.
- BOOTH, D. B. **Urbanization and the natural drainage system--impacts, solutions, and prognoses**. 1991.
- BOTELHO, M. H. C. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB, **Drenagem Urbana – Manual de Projeto**. 3 ed. Edição, São Paulo, Cetesb, 1986.
- DE SOUSA PINTO, N. L. et al. **Hidrologia básica**. Editora Blucher. 1976.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem**. 2 ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005.
- GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. **Hidrologia**. Ed. Edgard Blücher LTDA, São Paulo, 1988.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.
- LIMA, W.P. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2.ed. 2008.
- NETO, A. C. **Sistemas urbanos de drenagem**. 2010.
- OLIVEN, R. G. **Urbanização e mudança social no Brasil [online]**. Rio de Janeiro: Centro Edelstein, 2010. 146 p. ISBN 978-85-7982-001-4.
- PAULO, S. **Manual de Drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos, diretrizes para projetos**, ed. SMdDU (SMDU), São Paulo, 2012.

PAZ, A. R. Hidrologia Aplicada. **Apostila da Disciplina Hidrologia Aplicada**, UERGS – Caxias do Sul (RS). 2004.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. São Paulo: Hucitec, 1993.

SILVA, D. D. da *et al.* **Equações de Intensidade-Duração-Frequência da Precipitação Pluvial para o Estado de Tocantins**. Revista Engenharia na Agricultura. Viçosa. V. 11, n.1-4. Jan/Dez. 2003.

TUCCI, C. E. M. **Água no meio urbano**. Livro água doce, p. 1-40, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS), 2001.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4º ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2014.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital, Recife. 2.ed. 2006.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. Editora McGraw-Hill do Brasil, 1975.